

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭63-262626

⑬ Int. Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和63年(1988)10月28日

G 02 F 1/37  
G 02 B 6/12  
G 02 F 1/35  
1/39

3 0 1

7348-2H  
H-8507-2H  
7348-2H  
7348-2H

審査請求 未請求 請求項の数 11 (全5頁)

⑮ 発明の名称 光学装置

⑯ 特 願 昭63-87041

⑰ 出 願 昭63(1988)4月8日

優先権主張 ⑱ 1987年4月10日 ⑲ 米国(US) ⑳ 037175

⑳ 発 明 者 ノーマン エイ. サン アメリカ合衆国マサチューセッツ州ステイルリバー, ウィ  
フオード ラード レーン 20  
㉑ 発 明 者 ウィリアム エイ. ダ アメリカ合衆国マサチューセッツ州グロウブランド, アッ  
イズ ブタック アベニュー 7  
㉒ 出 願 人 ボラロイド コーポレ アメリカ合衆国マサチューセッツ州ケンブリッジ, テクノ  
ーション ロジスクウェア 549  
㉓ 代 理 人 弁理士 浅 村 皓 外2名

明 細 書

1. 発明の名称

光学装置

2. 特許請求の範囲

- (1) 誘導電体基板上に配置された導波管と、この導波管に導入されて光学的非線形反応により光出力を生じる少なくとも1個のレーザ光源、とから構成される光学装置。
- (2) 上記導波管は誘導電体材料で構成されることを特徴とする請求項1に記載の光学装置。
- (3) 上記基板はリチウムニオブイトで構成されることを特徴とする請求項2に記載の光学装置。
- (4) 上記基板はリチウムタンタレートで構成されることを特徴とする請求項2に記載の光学装置。
- (5) 上記導波管は水素イオン置換リチウムニオブイトによるチャンネル導波管であることを特徴とする請求項3に記載の光学装置。
- (6) 上記導波管はTiが置換されたリチウムニオブイトによるチャンネル導波管であることを特徴とする請求項3に記載の光学装置。

(7) 上記導波管は水素イオン置換リチウムタンタレートによるチャンネル導波管であることを特徴とする請求項4に記載の光学装置。

(8) 上記導波管はTiが置換されたリチウムタンタレートによるチャンネル導波管であることを特徴とする請求項4に記載の光学装置。

(9) 少なくとも1個の光源は調製可能なレーザ光源であることを特徴とする請求項1に記載の光学装置。

(10) 少なくとも1個の光源から上記導波管に導入されるレーザ光出力は可変であることを特徴とする請求項1に記載の光学装置。

(11) 上記出力の可変範囲は0を含むことを特徴とする請求項10に記載の光学装置。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

この発明は、光学装置、特に光学ミキサ及び光学的パラメトリック・アンプ変換器に関するものであり、更に特定すると、チャンネル導波管を用いた光集積ミキサおよび光学的パラメトリック・

アツプ変換器に関するものである。

(発明の背景)

光学ミキサはこの分野でよく知られた技術である。この装置は、バルク結晶における光学的非線形混合(ミキシング)として知られた物理現象に典型的に基づいている。さらにこのような非線形混合では、混合過程における結合係数が小さいので、十分な出力を得るためには出力の大きなレーザービームを必要とする、ことがよく知られている。従つてこの光混合をレーザーダイオードのような比較的低い出力のレーザー光源を用いた装置によつて達成することが望まれている。

更に、この技術分野では、集積化された光学装置での高調波発生が長い間の重要な開発テーマであつた。特に、 $\text{LiNbO}_3$ 等を材料とする単一モードの導波管によつて得られる高出力密度を利用して、低い光学的パワーの入力によつて作動しうる効率的な装置を作成するために、多くの試みが成されている。その結果、光集積装置において光混合と高調波発生を達成し、さらにこれをレー

- 3 -

ザダイオードのような比較的低下出力のレーザー光源によつて達成することが望まれている。

更にまた、集積化された光学装置により光学的パラメトリック・アツプ変換を達成することが望まれている。なおこのパラメトリック・アツプ変換とは、ここでは、比較的弱い第1の光線が同時に入射する第2の強い光線によつて増幅され、第1の光線の情報を保持したままこれよりも強い光線を形成する過程、であると定義する。

(発明の要約)

この発明の実施例では、集積化された装置において、更に特に強誘電体基板上に形成された導波管において、光混合、光学的高調波発生、および光学的パラメトリック・アツプ変換を実行するものである。

この発明の光学ミキサおよび高調波発生器における好ましい実施例では、水素イオン(プロトン)置換型の $\text{LiNbO}_3$ および $\text{LiTaO}_3$ チャネル導波管において、光学的合成周波数発生および第2高調波発生を実現する。更に特定すると、

- 4 -

この発明の好ましい実施例では、

(1)  $\text{LiNbO}_3$ 基板中に設けた水素イオン置換 $\text{LiNbO}_3$ チャネル導波管中で、 $1.32\mu\text{m}$ で作動するNd:YAGレーザーと $1.06\mu\text{m}$ で作動する第2のNd:YAGレーザーからの輻射光の同時連続波(cw)結合の結果として生じる黄色の合成周波数光、(2)  $\text{LiNbO}_3$ 基板中に設けた水素イオン置換 $\text{LiNbO}_3$ チャネル導波管中で、 $0.84\mu\text{m}$ で作動する連続波レーザーダイオードと $1.06\mu\text{m}$ で作動するNd:YAGレーザーからの輻射光の同時cw結合の結果として生じる青の合成周波数光、を提供する。上記の装置はさらにこの合成周波数光に加え、2番の入力レーザービームとは別に発生する第2高調波光を発生する。この合成周波数光と第2高調波光の両者は、セレンコフ(Cerenkov)輻射光として導波管中で生じ、チャネル導波管が埋め込まれている基板中に入射する。

この発明の実施例では、チャネル導波管を照射するのに用いられる入力光源の一つがダイ(染

- 5 -

料)レーザーか、または電流調整が可能な半導体レーザーのような可調整レーザーである場合、光集積装置において可調整レーザー光源を提供し得ると言う利点を有している。さらにまた、この発明の他の実施例、すなわちほんの少し異なる周波数を有する複数のレーザーがバルク光学体または光集積カプラによつてチャネル導波管中に導入されるものにおいて、調整可能な作動を実行することが出来る。個々のレーザーが別個にまたはグループでスイッチ・オン、オフされる場合、合成周波数光によつて出力を調整可能とすることが出来る。

この発明の実施例では、また、光集積装置においてcwダイオードレーザーから得られる比較的小さなパワーによる光学的パラメトリック・アツプ変換を提供する。これは、レーザー入力の中の1が、例えば低出力レーザーダイオードである場合に発生する。この場合、第2のより強力なレーザーと結合して形成される合成周波数光は、ダイオードからの低いパワーの輻射光中に含まれる“情報”を保持している。

- 6 -

## (実施例)

第1図は、この発明の1実施例としての光学的合成周波数発生装置10を示している。装置10は、 $\text{LiNbO}_3$ 基板と11と水素イオン置換 $\text{LiNbO}_3$ チャンネル導波管12とから構成される。入射ビーム20は波長 $\lambda_1$ の第1のレーザ光源(図示せず)と波長 $\lambda_2$ ( $\lambda_1 > \lambda_2$ )の第2のレーザ光源(図示せず)からの輻射光を含んでいる。この第1、第2のレーザ光源からの輻射光は導波管12中に種々の方法で導入される。この導入の方法およびそのための装置は、当業者にとつてよく知られている。

第1図に示すように、次の3組のビームがチャンネル導波管12を出て基板11に入射する：  
(1)  $\lambda_1/2$ 波長のビーム30は、第1のレーザ光源出力からの第2高調波発生の結果として供給され、セレンコフ輻射光として基板11中に浅い角度で照射される；(2) 第1、第2レーザ光源からの出力による合成周波数発生に相当した波長を有するビーム40は、セレンコフ輻射光として基

- 7 -

とき、 $W_{\text{合}} = W_1 + W_2$ が合成周波数発生による輻射光の周波数であることを意味するものである。このように合成周波数発生の結果として、混合された、非線形偏光を中間波長 $\lambda_1$ で輻射する。なお $1/\lambda_1$ はほぼ $1/\lambda_1 + 1/\lambda_2$ に等しい。

合成周波数光の波長は2光源の波長の中間値であるため、導波管12から基板11への輻射角は第1レーザ光源と第2レーザ光源からの第2高調波光の中間値となる。

上述の実施例を製造するにあたって、X-カットの基板を用いてY軸方向に沿ったチャンネル導波管を形成するか、またはZ-カットの基板を用いてX軸方向、Y方向あるいはその中間の方向に沿ったチャンネル導波管を形成する事が出来る。例えば、X-カットの $\text{LiNbO}_3$ は熱安息香酸中で水素イオン置換によつて形成される。この製造方法は次の工程を含んでいる：(1)  $\sim 400$ Å厚のCr膜を標準的な蒸着技術を用いてX-カットの基板上にデポジットする；(2) 次に、 $\sim 3$ μm幅の拡散孔を光印刷技術によつてCr膜を貫

- 9 -

板11中に浅い角度で照射される；そして(3)

$\lambda_2/2$ 波長のビーム50は、第2レーザ光源出力からの第2高調波発生の結果として供給され、セレンコフ輻射光として浅い角度で基板11中に照射される。この実施例では、 $1.32$ μmで作動するNd:YAGレーザからの5mWのCW輻射光と $1.06$ μmで作動するNd:YAGレーザからの8mWのCW輻射光を導波管12に同時に導入する事によつて、 $0.25$ μmの黄色の合成周波数光を得ることが出来る。赤と黄色における第2高調波発生および合成周波数発生によつて形成される合成の出力は、 $\sim 0.50$ μmであつた。さらに、 $0.840$ μmで作動するレーザダイオードからの1mWのCW輻射光と $1.06$ μmで作動するNd:YAGレーザからの8mWのCW輻射光の導波管12中への同時導入による合成周波数発生の結果として、青色の輻射光を得ることが出来た。

合成周波数発生とは、 $W_1$ を第1のレーザ光源の周波数、 $W_2$ を第2のレーザ光源周波数とする

- 8 -

通してY軸に平行に形成する；(3) 次に、基板を粉末の安息香酸と共にガラスフラスコ中に入れる；(4) 次に、このガラスフラスコを熱浴中に浸漬し20分間で $249^\circ\text{C}$ まで加熱する；(5) 次に、このガラスフラスコを $249^\circ\text{C}$ の熱浴中に約5分間保持する。この熱浸漬工程の間に、拡散孔を通じて基板からリチウムが失われ、酸中の水素イオンと置換するイオン置換過程が起こる。その結果、イオン置換領域では基板のほぼ $1$ μmの深さによつて異常屈折率が増加する；(6) 次に、ガラスフラスコは熱浴から取り出され、冷却される。この過程によつてHのLiに対する $>50\%$ の置換が達成され、そして $0.800$ μm波長領域に多重モードの導波管が形成される。上述した水素イオン置換過程は、文献中で広く検討されており当業者にとつてよく知られた技術である；(7) 次に、拡散マスクが除去され；そして(8) この試料はエンドファイア(end-fire)屈折のためにカットされ研磨される。導波管の長さは $5-10$ mmの範囲で変化する。我々はクリスタルテクノロジー社

- 10 -

(Crystal Technology Inc.) から得られたいわゆる“光学級品質”の基板を用いた。

上述したように、エンドファイアTEモードの励起に対しては、セレンコフ第2高調波光およびセレンコフ合成周波数光はチャンネル導波管12から基板11中へ浅い角度で進入する。その際この光は、基板11の出力面より出射し遠方で明るいバンドとして現れる。

更にこの発明の他の実施例は、Tiを拡散した $\text{LiNbO}_3$ の導波管で構成される。このようなチャンネル導波管は、例えばx-カットの $\text{LiNbO}_3$ 基板上でy軸に平行に400-800Å厚、2-6μm幅のTi拡散層のストリップをパターンニングして形成する。このTi拡散は、~1020℃に保持された炉の中で水素気を含む酸素気流中で6時間に行われた。その結果、 $\text{TiO}_2$ が $\text{LiNbO}_3$ 基板中に拡散しチャンネル導波管を形成する。

この発明の更に他の実施例は、水素イオン置換 $\text{LiTaO}_3$ チャンネル導波管で構成される。こ

の導波管はx-カットの $\text{LiTaO}_3$ 基板から以下の工程によつて形成される：(1) ~400Å厚のCr層が標準的な蒸着技術によつて基板上にデポジットされる；(2) 次に、~3μm幅の拡散孔をCr層を貫通してy軸に平行に光印刷技術によつて形成する；(3) 次に、この基板を粉末の安息香酸と共にガラスフラスコ中に入れる；(4) 次に、このガラスフラスコを熱浴中に浸漬し20分間で249℃まで加熱する；(5) 次に、このガラスフラスコを熱浴中に249℃で~7時間保持する；(6) 次に、基板を500℃の酸素気流中で5時間にわたつて焼結する；(7) 次に、拡散マスクを除去し；そして(8) 試料をエンドファイア励起のためにカットし研磨する。導波管の長さは5-10mmの範囲で変化する。

この発明にかかる実施例装置では、入力レーザー光源の一つがダイレーザーかまた電流調整が可能な半導体レーザーのような可調整レーザーである場合、可調整光源として動作すると言う利点を有している。

- 12 -

この発明の更に他の実施例は、バルク光学体、または第2図に示すように光集積カプラによつて導波管12中へ導入される、それぞれが少し異なつた周波数を有する複数のレーザー光源を有している。第2図は、強誘電体基板11中に形成されたチャンネル導波管12の上面図を示すものである。入力ビーム60は周波数 $w_1$ の第1レーザー光源(図示せず)からの輻射光から成っており、この輻射光は導波管12中へ導入される。入力ビーム61は周波数 $w_2$ の第2のレーザー光源(図示せず)からの輻射光で構成され、入力ビーム62は周波数 $w_3$ の第3のレーザー光源(図示せず)からの輻射光で構成されている。ビーム61、62はそれぞれ導波管13、14に導入される。導波管13、14に導入された輻射光はその後導波管12中に導入される。上述の混合現象の結果、基板11からの出力輻射光は次のものからなる：(1) 導波管12を伝播する個々のレーザー光源の各モードからの第2高調波光と(2) 導波管11を伝播するこのレーザー光源の各モードからの合成周波数光。こ

- 13 -

のように、第2高調波発生および合成周波数発生の結果、基板12より出力する輻射光は次の周波数を含んでいる： $2w_1$ 、 $2w_2$ 、 $2w_3$ 、 $w_1 + w_3$ 、 $w_1 + w_2$  および  $w_2 + w_3$ 。もし入力ビームの何れか、例えばビーム62が切り離されると、これに相当した出力が生じない。そのため、このような装置からの出力は種々のレーザー光源を個々にまたはグループでオン・オフして切り替えることにより、個別に調整可能のようにされている。

この発明の実施例はまた、パラメトリック・アンプ変換器として用いられる。これは、例えば、レーザー入力の一部がレーザーダイオードであつて、その出力がレーザー励起のためのしきい値を少し越えたところまで減少した場合におこる。この場合、非線形反応を起こすために必要なパワーの欠如のために、相当するセレンコフ第2高調波光は生じない。しかしながら、十分に強い第2のレーザー光源を補給することによつて、合成周波数光を得るのに必要な非線形反応を生じさせる事が出来る。

- 14 -

この方法により比較的強い合成周波数光信号を与える為に、弱いレーザダイオード信号をアツプ変換する。このようにして例えば、この場合Nd:YAGレーザのような強いcwポンピング光源を得られれば、低出力の、例えば1-5mWのレーザダイオード光源によつて青色光源の形成が可能となる。あるいはまた、ポンピングまたは“アツプ変換された”レーザとして、一般的にまた現在では比較的安価な、約40mWの連続波を発生するダイオードを用いる事が出来る。

この発明の更に他の実施例が、当業者にとつて上記の内容を越える事無く実施し得る。従つて、上述の記載または添付の図面に含まれるすべての事項は説明的なものであつて、限定的なものではない。例えば、リチウムニオブイトによるチャネル導波管はコヒーレントな青色光源の形成を可能とする混合とパラメトリック・アツプ変換を提供するが、レーザ光源として動作する異なるレーザを選択することによつて、パラメトリック的に形成された青色光の範囲を選択する事が可能とな

る。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図はこの発明に基づいて形成された光学ミキサの1実施例の1部分を示す図であり、第2図はこの発明に基づいて形成された光学ミキサの1実施例の1部分を示す上面図である。

10: 光学的合成周波数発生装置 11: 基板  
12: 導波管 20: 入力ビーム  
30, 40, 50: 出力ビーム  
60, 61, 62: 入力ビーム

代理人 浅 村 皓

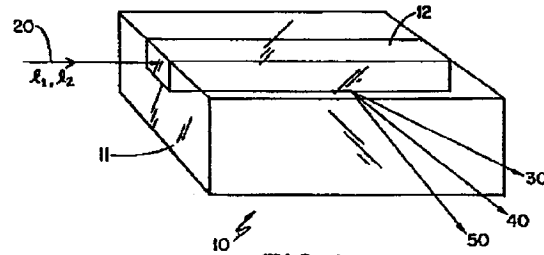


FIG 1

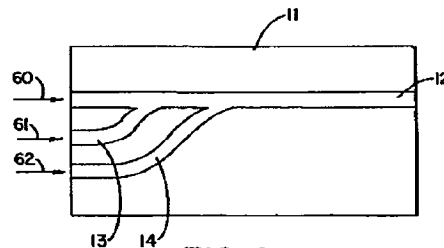


FIG 2